

01 P 11775



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 26 341 A 1**

⑤1 Int. Cl. 6:
F 16 K 31/56
H 02 N 2/00

B4

DE 198 26 341 A 1

②1 Aktenzeichen: 198 26 341.4
②2 Anmeldetag: 12. 6. 98
④3 Offenlegungstag: 16. 12. 99

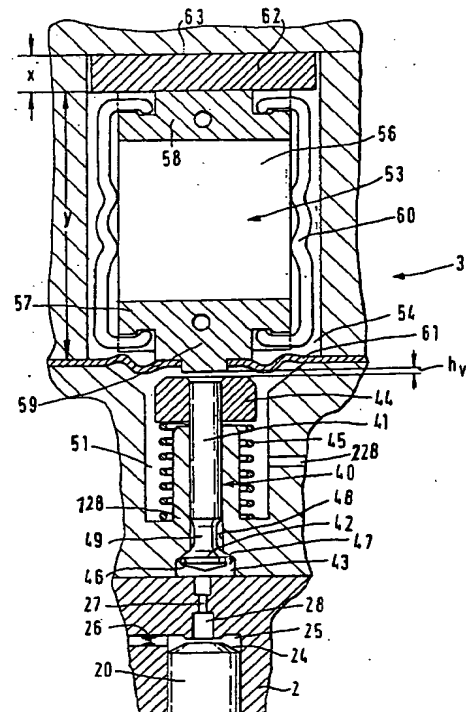
⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Potschin, Roger, 74336 Brackenheim, DE; Boecking,
Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten

⑤7 Es wird ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten vorgeschlagen, das durch einen Piezoaktor (53) betätigbar ist, der unmittelbar auf ein Ventilglied (40) des Steuerventils (31) einwirkt. Zur Kompensation unterschiedlich großer Längenänderungen aufgrund von Temperatureinflüssen ist dabei ein Ausgleichselement (62) vorgesehen, das zwischen Piezoaktor und Gehäuse (3) in Achsrichtung des Ventilglieds (40) eingespannt ist und aufgrund eines ausgewählten Ausdehnungskoeffizienten des Materials in der Lage ist, temperaturbedingte unterschiedliche Längenänderungen von Piezoaktor (53) einerseits und Gehäuse (2) andererseits zu kompensieren.



DE 198 26 341 A 1

Die Erfindung geht von einem Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten nach der Gattung des Patentanspruchs 1 aus.

Bei einem solchen, durch die EP-A-0 371 469 bekannten Ventil erfolgt die Betätigung des Ventilieds durch einen Piezo-Aktor, dadurch, daß zwischen dem Piezo-Aktor und dem Ventilied ein hydraulischer Raum vorgesehen ist, über den es möglich ist, Toleranzen auszugleichen. Solche Ventile haben den Nachteil, daß dafür Sorge getragen werden muß, daß der hydraulische Raum immer ausreichend mit Stellflüssigkeit gefüllt ist. Die Bereitstellung eines hydraulischen Raumes bedeutet weiterhin einen hohen Aufwand bezüglich einer Abdichtung desselben. Soll dagegen das Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten durch einen Piezo-Aktor direkt betätigt werden, so ergeben sich die Schwierigkeiten, daß bei der Arbeit eines Piezo-Aktors durch seine Bestromung eine erhebliche Wärmeentwicklung auftritt. Diese führte zu Längenänderungen aufgrund der Temperatursteigerung am Piezo-Aktor selbst und auch zu Wärmeausdehnungen des sich erwärmenden umgebenden Gehäuses. Somit kann es im Laufe des Betriebs eines solchen Ventils dazu kommen, daß aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen das Ventil nicht mehr in seine Schließstellung oder nicht mehr in eine genügend weite Offenstellung gelangen kann.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß ein einfaches Ventil bereitgestellt werden kann, daß direkt vom Piezo-Aktor betätigt wird, wobei durch das vorgesehene Ausgleichselement temperaturbedingte Längenänderungen des Piezo-Aktors gegenüber den des diesen aufnehmenden Gehäuses wesentlich kompensiert werden. Vorteilhafterweise erfolgt dies durch Verwendung eines Ausgleichselements, daß in einer der Stirnseiten des Piezoaktors als längenbestimmendes Element zwischen dem Gehäuse und dem zu betätigenden Ventil vorgesehen wird. Durch Auswahl des Materials des Ausgleichselements bzw. des Wärmeausdehnungskoeffizienten des Materials können die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen ausgeglichen werden.

In vorteilhafter Weise erfolgt das unter Ansatz der Gleichung gemäß Patentanspruch 3, aus der bei gegebenen Werten wie die Wärmeausdehnungskoeffizienten des Piezo-Stacks im Piezo-Aktor und des Materials des den Piezo-Aktor aufnehmenden Gehäuses sowie die vorliegenden Abmessungen bei gegebener Temperaturspannung die Dicke des Ausgleichselements ermittelt werden kann. Damit die Wärmeausdehnungen bei unterschiedlichen Graden der Erwärmung des Piezo-Aktors und des umgebenden Gehäuses grundsätzlich zu keinen zu großen Temperaturunterschieden führen, ist gemäß Patentanspruch 4 dafür Sorge getragen, daß die Wärme, die in dem Piezo-Aktor bzw. in dem Piezo-Stack des Piezo-Aktors entsteht, möglichst gut über das Ausgleichselement an das Gehäuse abgegeben werden kann. Dazu dienen vorteilhaft die federnden Führungselemente, die diesen wärmeleitenden Kontakt ständig auch zur Seite des Ausdehnungselements aufrechterhalten. Darüberhinaus kann eine Sicherheitsvorgabe derart konstruktiv vorgesehen werden, daß bei kleinster Längenerstreckung bei entsprechender Ansteuerung des Piezo-Aktors ein bestimmter Vorhub zwischen der anderen Stirnseite des Piezo-Aktors und dem Ventilied eingehalten wird. Im Rahmen die-

ses Vorhubes können noch restliche Unterschiede in den Längenänderungen aufgefangen werden, ohne das die Schließposition des Ventilieds gefährdet wäre. Bei kaltem Ventil, bzw. bei aufgrund des Betriebszustands minimalem Unterschied der Längendehnungen zwischen Piezo und dem diesen aufnehmenden Gehäuse ist der Vorhub so klein, daß er sich nicht negativ auf den Öffnungsgrad des Ventils auswirkt bzw. negativ auf die durch das Ventil wahrzunehmenden Funktionen. In vorteilhafter Weise wird gemäß Patentanspruch 7 dieses Ventil zur Steuerung von Drücken in einem Steuerraum verwendet, der zur Steuerung eines Einspritzventilglieds eines Kraftstoffeinspritzventils dient.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung widergegeben und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzventils, bei dem das erfindungsgemäße Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten Anwendung finden kann, Fig. 2 eine vereinfachte Darstellung des erfindungsgemäßen Ventils anhand der Anwendung bei einem Kraftstoffeinspritzventil gemäß Fig. 1a und Fig. 3 eine Teilansicht des in Fig. 2 wiedergegebenen Ausgleichselements, mit einem federnden Führungselement.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt ein Kraftstoffeinspritzventil 1 in vereinfachter Darstellung, das ein Einspritzventilgehäuse 2 aufweist, mit einer gestuften Bohrung 3, in der ein Einspritzventilglied 5 geführt ist. Dieses weist an seinem einen Ende eine kegelförmige Dichtfläche 6 auf, die mit einem kegelförmigen Ventilsitz 7 am Ende der gestuften Bohrung 3 zusammenwirkt. Stromabwärts des Ventilsitzes sind Kraftstoffeinspritzöffnungen 8 angeordnet, die beim Aufsetzen der Dichtfläche 6 auf den Ventilsitz 7 von einem Druckraum 9 getrennt werden. Der Druckraum erstreckt sich über einen Ringraum 10 um den sich an die Dichtfläche 6 stromaufwärts anschließenden, mit kleinerem Durchmesser versehenen Teil 13 des Einspritzventilglieds 5 bis zum Ventilsitz 7 hin. Der Druckraum 9 ist über eine Druckleitung 12 mit einer Kraftstoffhochdruckquelle in Form eines Kraftstoffhochdruckspeichers 14 verbunden, der zum Beispiel von einer mit variabler Förderrate fördernden Hochdruckpumpe 4 aus einem Vorratsbehälter 11 mit Kraftstoff, der auf Einspritzdruck gebracht ist, versorgt wird. Der Kraftstoffhochdruckspeicher versorgt dabei mehrere der gezeigten Einspritzventile. Im Bereich des Druckraumes 9 geht der im Durchmesser kleinere Teil 13 des Einspritzventilglieds mit einer zum Ventilsitz 7 weisenden Druckschulter 16 in einen im Durchmesser größeren Teil 18 des Einspritzventilglieds über. Dieser ist in der gestuften Bohrung 3 dicht geführt und setzt sich auf der der Druckschulter 16 abgewandten Seite in einem Verbindungsteil 19 fort, bis hin zu einem kolbenförmigen Ende 20 des Einspritzventilglieds. Im Bereich des Verbindungsteils 19 hat dieses einen Federteller 22, zwischen dem und dem Gehäuse 2 des Kraftstoffeinspritzventils eine Druckfeder 21 eingespannt ist, die das Kraftstoffeinspritzventilglied in Schließstellung beaufschlagt.

Das kolbenartige Ende 20 begrenzt mit einer Stirnseite 24, deren Fläche größer ist, als die der Druckschulter 16, im Gehäuse 2 des Kraftstoffeinspritzventils einen Steuerraum 25, der über eine erste Drossel 26 in ständiger Verbindung mit dem Kraftstoffhochdruckspeicher 14 ist und über eine zweite in einem Abflußkanal 28 angeordnete Drossel 27 zu einem Entlastungsraum 29 verbunden ist. Der Durchgang des Abflußkanals 28 wird durch ein Steuerventil 31, das als

2/2-Wegeventil ausgebildet ist, gesteuert ist, so Abflußkanal entweder geöffnet oder geschlossen ist.

Die Ansteuerung des Steuerventils 31 dient zur Steuerung von Einspritzmenge und Einspritzzeitpunkt von Kraftstoff in die Brennräume einer zugehörigen Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine. Bei geschlossenem Steuerventil ist wegen der ständigen Verbindung des Steuerraums 25 mit dem Kraftstoffhochdruckspeicher der dort herrschende Druck auf hohem Niveau. Weil die Fläche der Stirnseite 24 größer ist als die Fläche der Druckschulter 16 und der auf beiden Flächen wirkende Druck in dem Moment gleich groß ist, bleibt das Kraftstoffeinspritzventilglied 5 in geschlossener Stellung, unterstützt zudem durch die Druckfeder 21. Wird zur Auslösung einer Einspritzung das Steuerventil 31 geöffnet, so kann der Steuerraum 25 zum Entlastungsraum 29 entlastet werden, so daß abgekoppelt vom Kraftstoffhochdruckspeicher durch die erste Drossel 26 sich im Steuerraum 25 ein Druck niedrigeren Niveaus einstellt. In diesem Fall überwiegen die auf die Druckschulter 16 in Öffnungsrichtung wirkenden Druckkräfte und das Kraftstoffeinspritzventil wird zur Einspritzung geöffnet, wobei der Einspritzzeitpunkt und der Einspritzbeginn festgelegt sind. Durch Wiederschließen des Steuerventils 31 stellt sich im Steuerraum 25 sehr schnell der ursprüngliche hohe Kraftstoffdruck wieder ein, da der Kraftstoff über die erste Drossel 26 weiterhin zufließen kann und der Abfluß unterbunden ist. Dadurch gelangt das Kraftstoffeinspritzventilglied 5 wieder in seine Ausgangsstellung bzw. Schließstellung zurück zur Beendigung der Hochdruckeinspritzung.

Die Ansteuerung des Kraftstoffeinspritzventils erfolgt über ein Steuergerät 36, das in Abhängigkeit von Betriebsparametern die Steuerventile 31 der einzelnen Kraftstoffeinspritzventile ansteuert, ferner mit einem Drucksensor 37 den Druck im Kraftstoffhochdruckspeicher erfaßt und entsprechend der Abweichung von einem gewünschten Sollwert die variable fördernde Kraftstoffhochdruckpumpe 4 steuert. Parallel zu dieser kann ein Druckbegrenzungsventil 38 vorgesehen werden, daß ebenfalls auch als Drucksteuerventil in Abhängigkeit von Betriebsparametern steuerbar ist, je nach Konzeption der Kraftstoffhochdruckversorgung. Auch kann die Kraftstoffhochdruckpumpe ständig in gleicher Menge fördern und über das Druckbegrenzungsventil, daß hier explizit als Drucksteuerventil anzusehen ist, der Druck im Kraftstoffhochdruckspeicher 14 eingeregelt werden.

Das erfindungsgemäße Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten kann als Steuerventil 31 Anwendung finden. In Fig. 2 ist wiederum ein Teil eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß Fig. 1a gezeigt mit dem Einspritzventilgehäuse 2, in dem auch das Steuerventil 31 integriert ist und dem Steuerraum 25, der in dem Gehäuse von der Stirnseite 24 des kolbenförmigen Endes 20 eingeschlossen wird. Der Zufluß zum Steuerraum 25 erfolgt über die erste Drossel 26 und der Abfluß über den Abflußkanal 28, in der die zweite Drossel 27 sitzt.

Das Steuerventil weist ein Ventilglied 40 auf, mit einem Schaft 41 und einem Ventilkopf 42, der in einen Ventilraum 43 ragt. An dem Ventilkopf abgewandten Ende des Schaftes 41 ist ein Federteller 44 vorgesehen, an dem eine Druckfeder 45 anliegt, die sich andererseits gehäusefest abstützt und bestrebt ist, das Ventilglied in Schließstellung zu halten. Dies geschieht durch Anlage einer Dichtfläche 47 am Ventilkopf an einem kegelförmigen Sitz 46 am Übergang zwischen dem Ventilraum 43 zu einer Führungsbohrung 48 des sich anschließenden Schaftes 41. Unmittelbar angrenzend an die Dichtfläche 47 weist der Schaft eine Ringausnehmung 49 auf, die es ermöglicht, das bei vom Ventilsitz 46 abgehobenen Ventilkopf 42 der Ventilraum 43 mit einem von der Führungsbohrung 48 abzweigenden Teil des Ab-

flußkanals 128 verbunden wird. Dieser Kanal mündet in einen die Druckfeder 45 und das aus der Führungsbohrung 48 herausragende Ende des Schaftes 41 mit Federteller 44 aufnehmenden Federraum 51, von dem eine Leitung 228 zum Entlastungsraum 29 führt. Durch die Druckfeder 45 wird das Ventilglied 40 normalerweise in Schließstellung gehalten, so daß Ventilraum 43 und Steuerraum 25 zur Abflußseite hin verschlossen sind und sich im Steuerraum 25 der hohe Druck des Kraftstoffhochdruckspeichers aufbauen kann zur Schließung des Kraftstoffeinspritzventilglieds.

Eine Betätigung des Ventilglieds 40 in Öffnungsrichtung erfolgt mittels des genannten Piezo-Aktors 53. Dieser besteht aus einem Piezo-Stack 56, der von einer Bodenscheibe 57 und einer Deckscheibe 58 axial gesehen eingeschlossen wird, wobei die Bodenscheibe 57 als Betätigungsteil mit einem kolbenförmigen Ende 59 zur Anlage an den Schaft 41 bringbar ist. Da Piezo-Bauelemente nur auf Druck dauerhaft und verlässlich beanspruchbar sind, ist der Piezo-Stack durch Federelemente 60 vorgespannt. Die elektrische Zuleitung zu dem Piezo-Stack ist in der Zeichnung nicht gezeigt und erfolgt in üblicher Weise. Der so aus Piezo-Stack, Bodenscheibe 57, Deckscheibe 58 und Federelemente 60 gebildete Aktor wird durch ein federndes Membranelement 61 in einem Aktorraum 54 dicht eingeschlossen. Das Membranelement 61 schließt dabei den Aktorraum 54 gegenüber dem Federraum 51 ab und hält ferner den Aktor mit seiner Deckscheibe 58 in Anlage an einem Ausgleichselement 62. Dieses liegt mit ebenen Flächen einerseits an der Deckscheibe 58 an und andererseits an der in Achsrichtung des Ventilglieds 40 weisenden Gehäusewand 63. Hiermit ergibt sich bei einer Wärmeentwicklung im Piezo-Stack ein guter Temperaturabfluß über Deckscheibe 58 und das Ausgleichselement 62 zur Gehäusewand des Einspritzventilgehäuses 2. Bei zugeführter Spannung zum Piezo-Stack dehnt sich der Piezo-Aktor aus und verschiebt das Ventilglied 40 in Öffnungsrichtung, das bei Rücknahme der Erregung des Piezo-Stacks durch die Kraft der Druckfeder 45 und sich in der Länge wiederum reduzierenden Piezo-Stacks wieder in Schließstellung kommt. Diese Arbeitsvorgänge des Piezo-Stacks erzeugen Wärme, die zur Materialausdehnung führen unter Berücksichtigung der für die verschiedenen Materialien geltenden Wärmeausdehnungskoeffizienten. Trotz guter Wärmeabfuhr wird die Temperatur im Bereich des Piezo-Aktors, der als Wärmequelle eine hohe Wärmebelastung hat im Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils größer werden als die Temperatur des den Aktorraum 54 umgebenden Gehäuses, das eine geringere Wärmebelastung hat. Mit zunehmender Betriebsdauer würde sich der Piezo-Aktor also gegenüber der vorgegebenen Länge des Gehäuses, in das er eingebaut ist, vergrößern und die Position des Ventilglieds 40 beeinflussen. Damit das Ventilglied 40 regelmäßig wieder in Schließstellung gelangen kann, ist hier zunächst ein Vorhub h_v vorgesehen, den das kolbenförmige Ende 59 zurücklegen muß, um zur Anlage an dem Ventilglied zu gelangen. Dieser Vorhub kann temperaturbedingte Längenunterschiede aufnehmen, so daß hiermit die Arbeitsweise des Steuerventils nicht beeinflusst wird. Darüberhinaus bietet das Ausgleichselement noch eine weitere Kompensationsmöglichkeit der Längendifferenzen, indem nämlich das Material dieses Ausgleichselement so ausgewählt wird, daß es eine möglichst große temperaturbedingte Längenänderung aufweist bzw. einen entsprechend großen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{\text{Ausgleich}}$. Wenn α_{Piezo} positiv ist. Wenn α_{Piezo} dagegen negativ ist, ist $\alpha_{\text{Ausgleich}}$ sehr groß zu wählen. Die Dimensionierung des Ausgleichselements bzw. die Dicke x kann dabei durch die Gleichung

$$[y \cdot \alpha_{\text{Piezo}} \cdot \Delta T] + [x \cdot \alpha_{\text{Ausgleich}} \cdot \Delta T] = [(x+y) \cdot \alpha_{\text{Gehäu-}}$$

se · ΔT]

werden. Y ist dabei die verbleibende Länge zwischen aktorseitiger Stirnseite des Ausgleichselements bis zur gegenüberliegenden Seite des Aktorraumes 54. Ist die Gesamtlänge (x+y) bekannt und sind die jeweiligen Ausdehnungskoeffizienten bekannt, so kann aus der obigen Gleichung die Dicke x des Ausgleichselements leicht ermittelt werden.

Wesentlich ist, daß das Ausgleichselement in gutem wärmeleitenden Kontakt zum umgebenden Gehäuse ist. Dazu weist dieses eine entsprechend angepaßte Stirnseite auf und es ist ferner möglich gemäß Fig. 3 auch die Umfangsseite des Ausgleichselement in guten wärmeleitenden Kontakt mit der umfangsseitigen Wand des Aktorraumes 54 zu halten. Dazu ist gemäß Fig. 3 ein federndes Führungselement 65 vorgesehen, das ringförmig ist und im Querschnitt u-förmig, unter Bildung des ersten Schenkels 66 und eines zweiten Schenkels 67, die unter Vorspannung am Gehäuse 2 einerseits und am Ausgleichselement 62 andererseits anliegen.

In der hier vorgestellten Konstruktion eines Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten kann in einfacher Weise ein Piezo-Aktor eingesetzt werden, der den Vorteil von exakt steuerbaren Öffnungshüben sowohl bezüglich des Öffnungsweges als auch der Öffnungszeitpunkte hat. Dazu bietet er den großen Vorteil, hohe Schaltgeschwindigkeiten verwirklichen zu können, die in der Lage sind, auch kleine Voreinspritzmengen durch kurzzeitige und/oder geringe Entlastung des Steuerraums 25 zu steuern.

Patentansprüche

1. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einem Ventillied (40), das entgegen einer Rückstellkraft wenigstens mittelbar durch einen Piezoaktor (53) betätigbar ist, der einen sich mit seiner eine Stirnseite (58) in einem Gehäuse (2) abstützenden Piezostack (56) aufweist, welcher bei Änderung einer am Piezostack angelegten Spannung eine Längenänderung durchführt, die mittels der andere Stirnseite (57) des Piezoaktors auf das Ventillied (40) zu dessen Verstellung übertragbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß an einer der in der Längenänderungsrichtung des Piezoaktors (53) weisenden Stirnseiten des Piezoaktors ein Ausgleichselement (62) vorgesehen ist, durch das der Unterschied von temperaturbedingten Längenänderungen des Piezoaktor (53) gegenüber denen des den Piezoaktor aufnehmenden Gehäuses (2) wenigstens zum Teil kompensiert werden.
2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichselement (62) einen Wärmeausdehnungskoeffizienten hat, der größer als der des Gehäuses ist, wenn der Wärmeausdehnungskoeffizient des Piezos negativ oder klein ist.
3. Ventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Ausgleichselements (62) durch die Gleichung

$$[y \cdot \alpha_{\text{Piezo}} \cdot \Delta T] + [x \cdot \alpha_{\text{Ausgleich}} \cdot \Delta T] = [(x+y) \cdot \alpha_{\text{Gehäuse}} \cdot \Delta T]$$

bestimmt wird, wobei x die Dicke des Ausgleichselements ist, y die Länge des Piezoaktors, ΔT die Erwärmung und α... der jeweilige Wärmeausdehnungskoeffizient von Piezo, Ausdehnungselement und Gehäuse sind.

4. Ventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichselement (62) zwischen der einen

Stirnseite (58) und dem Gehäuse (2) angeordnet ist und eine ebene Anlagefläche zur Anlage an die ebenen Stirnseiten (63, 58) des Gehäuses (2) und des Piezoaktors (53) aufweist und durch ein federndes Führungselement (65) ständig einen seitlichen, wärmeleitenden Kontakt zum Gehäuse (2) hat.

5. Ventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungselement ein Federring (65) mit U-förmigem Querschnitt ist.

6. Ventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die andere Stirnseite (57, 59) des Piezoaktors (53) bei der kleinsten sich durch die elektrische Ansteuerung einstellenden Länge des Piezoaktors (53) einen vorgegebenen Abstand zur einem die Verstellung des Ventillieds (40) bewirkenden Teil hat.

7. Ventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil der Steuerung eines Druckes in einem Steuerraum (25) dient, der die Bewegung eines Einspritzventilgliedes (5) eine Kraftstoffeinspritzventils (1) steuert.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

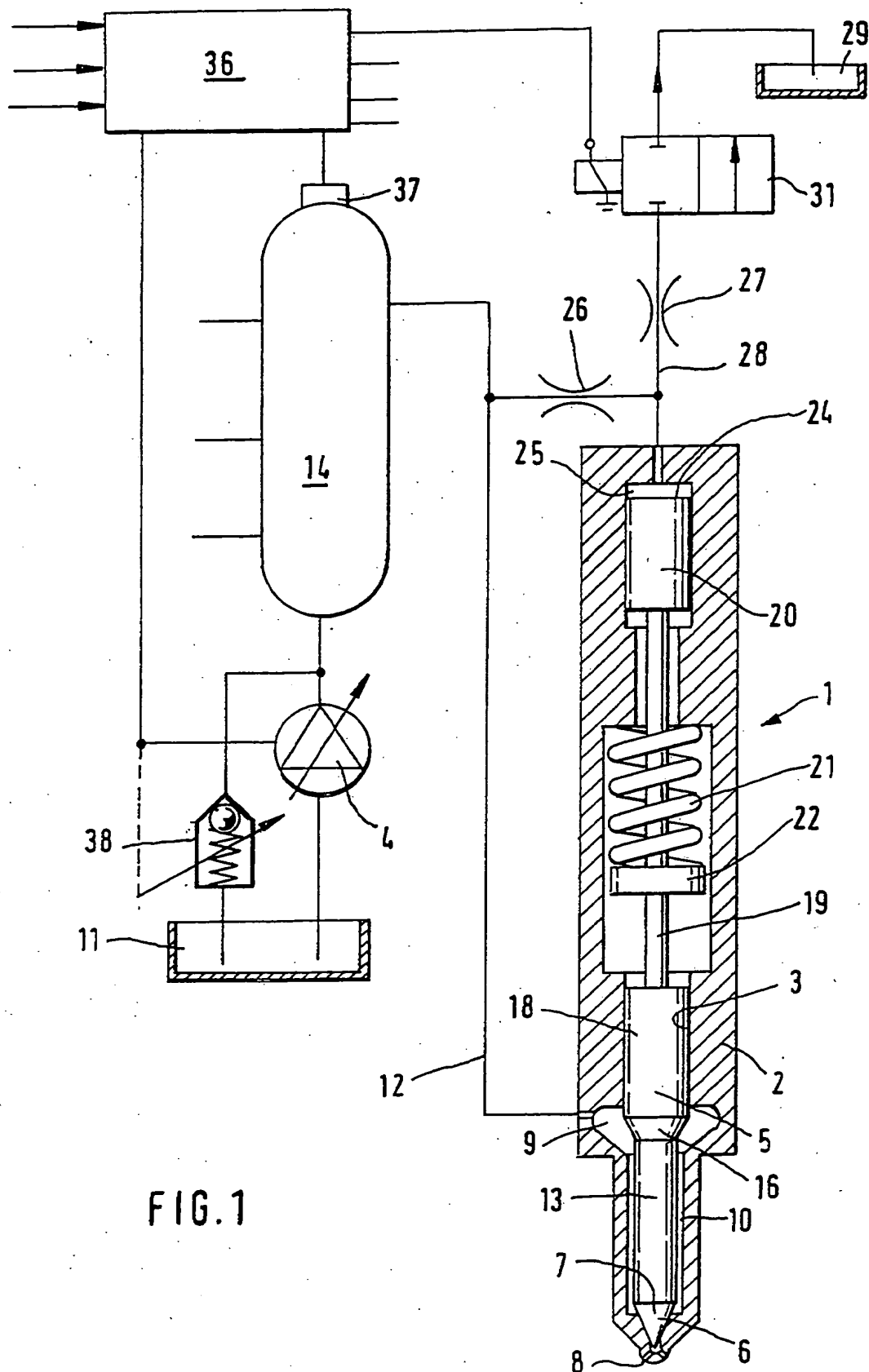


FIG. 1

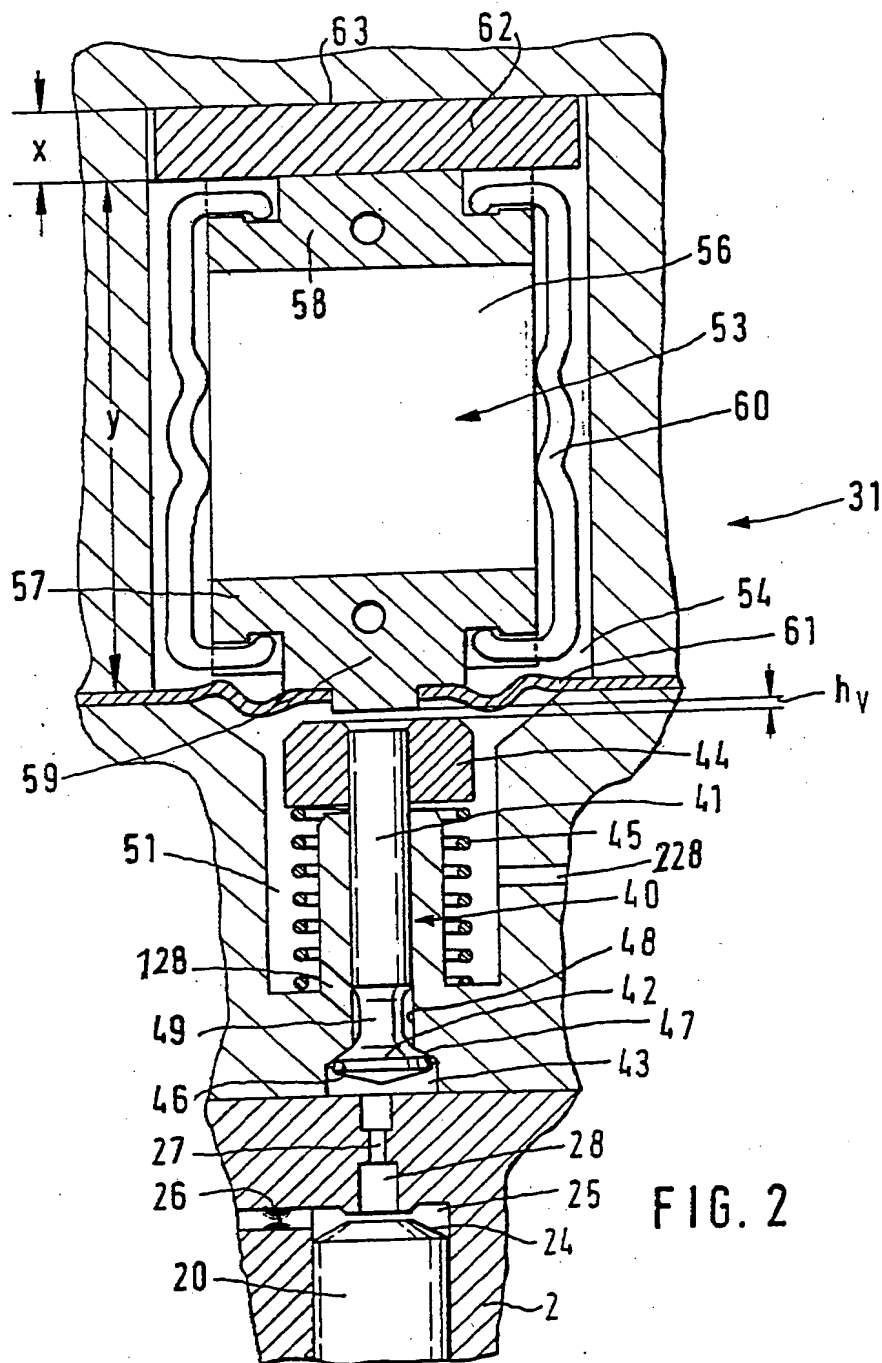


FIG. 2

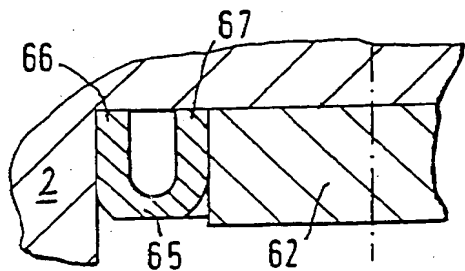


FIG. 3